



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①0 **DE 44 09 822 A 1**

⑤1 Int. Cl. 6:
B 29 C 45/64
B 29 C 45/58
B 29 C 45/40

②1 Aktenzeichen: P 44 09 822.7
②2 Anmeldetag: 22. 3. 94
④3 Offenlegungstag: 24. 8. 95

DE 44 09 822 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
19.02.94 CH 00492/94

⑦1 Anmelder:
ProControl AG, Flawil, CH

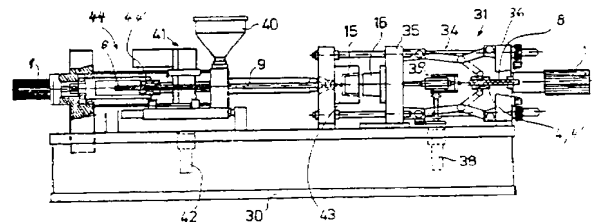
⑦4 Vertreter:
von Samson-Himmelstjerna und Kollegen, 80538
München

⑦2 Erfinder:
Stillhard, Bruno, St. Gallen, CH

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Antrieb für die linear bewegbaren Achsen einer Spritzgießmaschine

⑤7 Die Erfindung schlägt vor, bei vollelektrischen Spritzgießmaschinen für die Transformation der Rotationsbewegung in die Linearbewegung der verschiedenen Achsen einen Rollengewindtrieb einzusetzen. Es kann z. B. für den Antrieb des Kniegelenkes (31) für die Formgebung (35) ohne Zwischengetriebe direkt über die Rollenspindel (8) bzw. den Rollengewindtrieb (4) die Bewegung umgesetzt werden. Die Einspritzeinheit (44) und der Auswerfer (39) können analog direkt über die Rollennutter oder je nach Größe der Maschine und den Platzverhältnissen über die Rollenspindel (8) angetrieben werden. Die mechanische Beherrschbarkeit insbesondere das Reaktionsvermögen und die Geschwindigkeit lassen sich wesentlich steigern, so daß bezüglich der Antriebstechnik die Leistungsfähigkeit und Qualität der hydraulisch angetriebenen Maschinen erreicht und teils übertroffen werden kann.



DE 44 09 822 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06. 95 508 034/430

12/30

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Antrieb für die linear bewegbaren Achsen einer Spritzgießmaschine insbesondere für die Formschließvorrichtung und/oder die Einspritzeinheit und/oder den Auswerfer und/oder die Aggregat-

5 verschiebeeinheit, bestehend aus einer verschiebbaren Einheit, einer festen Einheit sowie einem Antriebsmotor. Spritzgießmaschinen sind heute hochentwickelte automatisch arbeitende Maschinen zur Herstellung von Kunststoffteilen von wenigen Zehntelgramm bis 20 und mehr Kilogramm Teilgewicht. Sie arbeiten mit einer sehr hohen Produktivität. Seit 40 Jahren werden automatisch arbeitende Spritzgießmaschinen gebaut. Es hat sich früh gezeigt, daß als Antriebsselement sowohl für Spritzgießmaschinen wie für Druckgießmaschinen die 10 Ölhydraulik sich geradezu anbietet. Die zu bewegendenden Massen sind bei der Hydraulik klein, so daß über die Druckübertragung ein extrem schnelles Reaktionsvermögen besteht. Die ganze Steuerung ist heute elektrisch-elektronisch bzw. rechnergesteuert. Diese erlaubt, mit der Verwendung der proportional- und Servotechnik, mit der Hydraulik höchsten Anforderungen an Qualität und Zykluszeit zu genügen. Der Hauptnachteil des hydraulischen Antriebes für Spritz- und Druckgießmaschinen liegt in dem enormen Energieverbrauch. Der Energieauf- 15 wand ist selbst dann noch hoch, wenn über komplizierte Steuer- und Regelsysteme ein Teil des Energieverbrauchs vermieden wird. Der Hauptgrund liegt darin, daß nur über einen Bruchteil einer ganzen Zyklusperiode der maximale Druck bzw. die maximale Antriebsleistung wirklich benötigt wird. Die überwiegenden Zeitabschnitte sind für die Einzelantriebe Ruhezeiten. Hinzu kommen als Nachteil Kosten für Kühlwasser, Anschaffung des Hydrauliköles, Entsorgung von Altöl usw.

20 Es ist bekannt, daß der Energieverbrauch einer elektrisch angetriebenen Gießmaschine bei rund 50% im Vergleich mit der selben hydraulischen Maschine liegt. Erste Ansätze, zumindest den Hauptantrieb des Kniehebelschlusses einer Kunststoffpresse rein elektromotorisch auszuführen, gehen bereits 60 Jahre zurück. Die Transformation der Rotationsbewegung in die lineare Bewegung erfolgt durch eine Mutter auf einer Gewindespindel, wie schon in der DE-PS 5 18 347 (1929) beschrieben ist. Der einfache Kniehebelmechanismus wird durch 25 Betreiben eines Elektro-Motors oder irgend eines Riemen-Antriebes betätigt, wobei die wechselweisen Bewegungen durch einfache Steuermittel erfolgt. Wenn ein besonders schneller Stillstand erreicht werden mußte, konnte zusätzlich eine Bandbremse vorgesehen werden. Erst mit den Fortschritten in der Leistungselektronik bei variablen Elektromotorantrieben und einer starken Kostenreduktion konnte aber diese Technik für den Einsatz großer Serien von Druck- und Kunststoffverarbeitungsmaschinen in der Praxis eingeführt werden. Es 30 wurden bald die sich dafür anbietenden AC-Servomotoren für den direkten elektrischen Antrieb für die wesentlichen fünf Achsen an Spritzgießmaschinen vorgeschlagen. Es sind dies: Formschluß, Auswerfer, Einspritzen, Plastifizieren und Einspritzdüsen anpressen. Eine elektromotorisch und über ein komplexes Reduktions-Getriebe angetriebene Gewindespindel zum Betreiben einer Kniehebelpresse wird in der 1982 veröffentlichten US-PS Nr. 4 360 335 vorgeschlagen. Ausgehend von der Tatsache, daß der Kniehebel in gestrecktem Zustand allein 35 durch die Reibung gehalten wird, erfolgt das Positionhalten, durch den Elektromotor. Eine Bremsenrichtung wird nicht mehr benötigt. Der große Vorteil liegt in dem kleinen Energieverbrauch und einer Fein-Kontrolle der ganzen Zykluszeit eines Preßvorganges. Die Druckschrift EP 0 164 419 beschreibt ebenfalls eine entsprechende Formschließvorrichtung mit einem Kniehebelschließsystem, mit einem Getriebe sowie mit einer Kugelspindel und Servo-Motor. Teils wird hier von einem idealisierten, reibungsfreien, damit nicht realen Mechanismus 40 ausgegangen, da für das Halten der Totpunktlage eine motorische Leistung verlangt wird. Die Verwendung einer Kugelspindel hat den Nachteil einer Betriebsgrenze von 300 bis 500 mm/s für die lineare Geschwindigkeit. Gemäß einem weiteren Vorschlag wird die Rotation mittels doppeltem Kurbelantrieb in eine lineare Bewegung umgesetzt.

Gemäß einem vierten Vorschlag (US-PS Nr. 5 266 874) wird als mechanisches Zwischenglied zwischen 45 Antriebsmotor und Arbeitselement eine Kombination Zahnstange/Ritzel eingesetzt. Die Umsetzung erfolgt über eine doppelte Zahnstange angetrieben über ein Getriebe und Servomotor. Der Vorteil ist eine praktisch unbeschränkte lineare Geschwindigkeit. Auch hier ist der mechanische Getriebeaufwand für die Umsetzung Rotation/linear groß, sogar größer als bei Gewinde- bzw. Kugelspindeln. Es besteht eine verbreitete Fachmeinung, daß elektrisch angetriebene Spritzgießmaschinen, weder die Qualität noch die Zykluszeit der entsprechenden hydraulisch angetriebenen Maschinen erreichen können. Tatsache ist, daß seit einem Jahrzehnt ein Durchbruch der voll elektrischen Maschine nicht gelang, dies trotz den enormen Vorteilen der Energieersparnis.

Vom Erfinder ist erkannt worden, daß die meisten bisherigen Ansätze für die elektrischen Antriebe von dem Modell der Werkzeugmaschine ausgehen, welche bevorzugt mit elektrischen Servomotoren und Kugelspindeln angetrieben werden. Man erlag der Versuchung daß die dazu eingesetzten, weltweit verbreiteten CNC-Steuerungen ideal auch für Spritzgießmaschinen seien. Analysen haben aber gezeigt, daß ein Konzept mehr in der Art 55 der modernen Industriesteuerung doch die bessere Ausgangslage darstellt. Während es sich bei der Werkzeugmaschine um reine Positionsregelungen mit fortschreitendem Soll-Wert handelt, stehen bei der Spritzgießmaschine andere Regelaufgaben mindestens ebenso im Vordergrund. Die Werkzeugmaschine stellt zwar höchste Ansprüche an die Genauigkeit z. B. bezüglich dem Weg. Die Bewegungen, vor allem die Beschleunigungen resp. 60 Bewegungsänderungen werden aber in viel größerem Ausmaß bei Spritzgieß- und Druckgießmaschinen vorausgesetzt. Es haben sich im Stand der Technik bei Spritzgieß- und Druckgießmaschinen drei besondere Problemgebiete herausgestellt:

- a) generelles Steuerkonzept
- b) Steuerung und Regelung der Antriebe
- c) die mechanische Übertragung der motorischen Drehbewegung in eine Linearbewegung.

Zu den Punkten a und b wird vollinhaltlich auf die beiden Anmeldungen CH-PA Nr. 02 733/93-4 resp.

CH-PA 00 353/94-2 verwiesen, welche als Teil des vorliegenden Patentgesuches erklärt werden.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, mit einem einfachen Grundaufbau sowie elektrischen Servomotoren eine möglichst vollkommene mechanische Beherrschung des ganzen Arbeits-Prozess, mit geringst möglichem Energiebedarf, zu erreichen.

Die erfindungsgemäße Lösung ist dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation einer Rotationsbewegung in eine lineare Bewegung mittels einem Rollengewindetrieb erfolgt mit relativ zueinander bewegbarer Rollenspindel und Rollennutter. Dabei erfolgt die Kraftübertragung über eine große Anzahl Planetenrollen. Es hat sich gezeigt, daß die Transformationen der Rotationsbewegung von dem Antriebsmotor insbesondere bei Formschließvorrichtungen in die lineare Bewegung sogar 1 : 1 erfolgen kann. Der Rollengewindetrieb ist in einigen Fällen selbst das Untersetzungsgetriebe. Vom Erfinder ist erkannt worden, daß die klassischen physikalischen Gesetze bezüglich des Verhältnisses der Drehmoment-Übertragung sowie der Massenträgheitsmomente bis anhin zu wenig beachtet wurden. Dies war einer der Gründe, weshalb in vielen Fällen die hohe Qualität und kurze Zykluszeit nicht erreicht werden konnte. Die relevanten Gesetzmäßigkeiten sind etwa:

Für rotierende Massen:

Zylinder rotierend um Längsachse $J = m \times r^2/2$ Übersetzungsverhältnis = i_r :

$$i_r = \omega_{\text{Last}}/\omega_{\text{Motor}}$$

$$i_r = n_{\text{Last}}/n_{\text{Motor}} [\%] [\omega = n \times 2 \times \pi/60]$$

$$\text{Reduziertes Massenträg'mom. } J_{\text{red}} = J_{\text{Last}} \times i_r^2$$

Für linear bewegte Massen:

$$\text{Übersetzungsverhältnis: } i_{\text{lin}} = v_{\text{Last}}/\omega_{\text{Motor}}$$

$$\text{Reduziertes Massenträg'mom.: } J_{\text{red} \cdot \text{lin}} = m \times i_{\text{lin}}^2 = 91.2 \times m \times v^2/n^2,$$

Es bedeuten dabei:

J Massenträgheitsmoment $[\text{kgm}^2]$

m Masse $[\text{kg}]$

ω Winkelgeschwindigkeit $[\text{rad/s}]$

v lineare Geschwindigk. $[\text{m/s}]$

M Drehmoment $[\text{Nm}]$

t_{ramp} Beschleunigungszeit $[\text{s}]$

n Drehzahl pro Minute $[\text{min}^{-1}]$.

Reduzierte Massenträgheitsmomente werden addiert.

Für die Berechnung der Beschleunigung und der Beschleunigungszeit gilt:

$$\text{Winkelbeschleunigung } \ddot{\omega} = M/J_{\text{total}}$$

$$\text{Beschleunigungszeit (konstante Beschleunig.): } t_{\text{ramp}} = \omega/\ddot{\omega}$$

Die obigen beiden Formeln gelten insbesondere auch bei kombinierten Systemen mit Rotations- und Translationsmassen. Aus der Berechnung des reduzierten Massenträgheitsmomentes und der Beschleunigung in kombinierten Systemen mit rotierenden und translatorisch bewegten Massen ergibt sich, daß ein Größtwert R gleichsam als "Gütekriterium", als Ziel, gesucht werden muß:

$$R = \frac{\text{Motordrehmoment}}{\text{Summe aller Massenträgheitsmomente}}$$

Es hat sich gezeigt, daß bei der Transformation der Rotationsbewegung in die lineare Bewegung mittels Rollengewindetrieb beste Werte R erhalten werden, wenn die Transformation 1 : 1 erfolgt, ganz besonders wenn die Rollenspindel direkt durch den Motor angetrieben wird. Es kommt hinzu, daß der Rollengewindetrieb nur harmonische Bewegungen durchführt und dadurch wesentlich größere Geschwindigkeiten bzw. Beschleunigungen zuläßt, etwa im Vergleich zu einer Kugelspindel als Transformationselement. Die Kugelspindel bedingt als wesentlichen Nachteil auch unharmonische Bewegungen nämlich bei der Kugelrückführung, welche eine doppelte Umkehr um 180° für jede Kugel voraussetzt. Mit der neuen Erfindung können die bisherigen Höchstwerte der hydraulischen Maschinen nicht nur erreicht, sondern teils sogar überboten werden. Es lassen sich aber auch die besonderen Vorteile der Rollengewindetriebe voll einsetzen:

- Die Steigung kann bei verschiedenen Durchmessern in gewissem Rahmen angepaßt werden. Damit ist es möglich mit relativ hohen Drehzahlen die Spindel anzutreiben. In vielen Fällen kann wirtschaftlich ein direkter Antrieb gewählt werden. Bei der eher langsamen Bewegung für das Einspritzen genügt ein einstufiges Stirnrad-Getriebe.
- Der Rollengewindetrieb hat in den benötigten Längen seine maximal mögliche lineare Geschwindigkeit merklich über 1 m/s ist also ideal geeignet für den Antrieb des Gelenkkopfes.
- Der Rollengewindetrieb kann mit wenig Aufwand abgedichtet werden, so daß eine wartungsarme Konstruktion möglich ist.

Die Anwendung von Rollengewindetrieben ist für spezielle Anwendungen bei den klassischen Werkzeugmaschinen bekannt, bei denen anstelle von Zahnstangen und Ritzel eine Gewindestange und Mutter mit einer

Vielzahl von Planetenrollen zusammenarbeiten. Überraschenderweise hat es sich gezeigt, daß nicht nur ein höherer Wirkungsgrad für den Gesamtantrieb erreichbar ist, sondern daß durch entsprechende Wahl der Steigung des Rollengewindetriebes zum Teil sogar ein 1 : 1 Übertrieb von Motor zu der verschiebbaren Einheit möglich ist. Diese Ausführungsform ergibt extrem kleine Massenträgheitsmomente was sehr kurze Beschleunigungsrampen erlaubt. Die Erfindung erlaubt eine Anzahl besonders vorteilhafter Ausgestaltungen. Grundsätzlich ist es möglich, daß der Antriebsmotor die Rollenspindel antreibt, wobei über die Rollenmutter die Einspritzachse und/oder der Gelenkkopf und/oder das Einspritzaggregat und/oder den Auswerfer bewegt wird. Es ist aber auch möglich, daß der Antriebsmotor die Rollenmutter antreibt, wobei über die Rollenspindel die Einspritzachse und/oder das Einspritzaggregat und/oder der Auswerfer bewegt wird. Bevorzugt werden Formschluß und Auswerfer und teilweise Einspritzachse durch 1 : 1 Direktantrieb von dem Antriebsmotor linear bewegt. Es kann besonders bei großen Einheiten von Vorteil sein, die Einspritzachse über eine Untersetzung zum Beispiel ca. 2 : 1 oder in extremen Fällen 4 : 1 durch den Antrieb über die Rollenmutter linear zu bewegen. Vorteilhafterweise ist der Antriebsmotor in der Drehzahl regelbar, zum Beispiel bis 3000 Umdrehungen pro Minute. Rollengewindetriebe sind in der Regel eine Art mehrgängige Gewinde was ein besonderer Vorteil ist. Die Steigung des Rollengewindetriebes wird wenn immer möglich so groß gewählt, daß der Antriebsmotor fest mit dem Rollentrieb kuppelbar oder aber höchstens ein einstufiges Getriebe aufweist.

Die neue Antriebstechnik mit dem Rollengewindetrieb, welcher nun ganz oder teilweise die Funktion eines Untersetzungsgetriebes hat, erlaubt eine ganze Anzahl weiterer besonders vorteilhafter Ausgestaltungen. So können insbesondere für die Bewegung der Formschließvorrichtung zwei parallel arbeitende Antriebsmotoren vorgesehen werden. Bevorzugt wird dabei je ein Antrieb in einer vertikalen Mittenebene angeordnet, welche durch die je zwei übereinanderliegenden Holmen geht. Üblicherweise haben diese Maschinen je eine Formträgerplatte sowie ein über separate Antriebsmittel einstellbares Gelenkschild. Diese Antriebsmittel können einen zentralen Zahnkranz und gegebenenfalls für jeden Holmen je ein Übertriebsrad aufweisen.

Die Erfindung wird nun an Hand einiger Ausführungsbeispiele mit weiteren Einzelheiten erläutert. Es zeigen: die Fig. 1 schematisch die Hauptfunktionselemente für die Linearbewegung einer Einspritzeinheit; die Fig. 2 eine Gesamtansicht einer Spritzgießmaschine mit allen Hauptachsen; die Fig. 3 schematisch den Direktantrieb über die Rollenspindel; die Fig. 4 schematisch den Direktantrieb der Rollenmutter; die Fig. 5 eine teilweise aufgeschnittene Rollenmutter mit den Planetenrollen; die Fig. 6 die Formschluß-Seite mit Direktantrieb der Rollenspindel für die Formschließeinheit mit einem Doppelantrieb;

die Fig. 6a, 6b und 6c verschiedene Ansichten der Fig. 6 in kleinerem Maßstab; die Fig. 7a, 7b und 7c und eine Alternative zu den Fig. 6a—6c jedoch mit nur einem Antrieb für die Formschließeinheit.

In der Folge wird nun auf die Fig. 1 Bezug genommen, welche eine Einspritzeinheit 44 darstellt. Ein Antriebsmotor 1 weist einen Rotor 3 mit Permanentmagnet sowie einem Positionssensor auf. Der Stator weist mehrere, meistens drei Wicklungen auf. Über ein Abtriebsritzel 2, das fest auf der Welle des Rotors 3 aufgekeilt ist, wird ein Zahnrad 7 angetrieben, welches die Rotationsbewegung des motorischen Antriebes auf den Rollengewindetrieb 4 überträgt und einer Rollenspindel 8 eine Linearbewegung überträgt. Die Rollenspindel 8 ist kraftschlüssig verbunden mit einer Schneckenwelle 9, so daß die entsprechende Rotationsbewegung des Rotors 3 unmittelbar in eine Linearbewegung der Plastifizierschnecke 10 umgeformt wird und die vom Arbeitsprozeß verlangte Bewegung durchführt. Die gezeichnete Stellung der Plastifizierschnecke 10 in dem Spritzzylinder 11 ist etwa am Ende der Plastifizierungsphase, so daß sich noch eine beachtliche Menge von Spritzmaterial 12 in dem Spritzzylinder 11 befindet, welche nun über die Einspritzdüse 13 noch in die Kavität 14 der beiden Formhälften 15 resp. 16 gepreßt wird. Der beschriebene Ablauf wird über die Steuerung der Lageänderung des resultierenden Magnetfeldes resp. die entsprechende Steuerung der Bewegung des Rotors 3 von einem Drive 20 durchgeführt. Alle erforderlichen Steuersignale an den Drives 20 werden von einer vorzugsweise hardwaremäßig getrennt angeordneten elektronischen Steuerung aufbereitet und die Rezepte zugeführt. Dazu weist der Drive 20 einen Datenspeicher oder Rezeptspeicher auf, von dem je ein erforderliches Grundrezept der für den Spritzgießablauf vorbestimmten Geschwindigkeits- und Druck-Sollwerten der Bewegungsablauf moduliert und damit der gewünschte Geschwindigkeits- und Druckverlauf erzeugt wird. Die elektronische Steuerung ist vorzugsweise als Mehrgrößenregler ausgebildet. Mit den beschriebenen Grundfunktionen kann ein ganzer Spritzgießvorgang beherrscht werden. Einerseits für neue noch nicht bekannte Formen oder Materialien, und auch als Sicherung bei Material-Qualitätsänderungen ist es sehr vorteilhaft, über einen Kraftsensor 24 die axiale Kraft in der Schneckenwelle 9 während dem ganzen Spritzvorgang zu erfassen und über eine Signalleitung 23, welche ein Busübertragungssystem sein kann, der elektronischen Steuerung zu übermitteln, so daß zum Beispiel beim Überschreiten von Grenzwerten sofort ein Korrekturbefehl über die Bewegungssteuerung abgegeben wird. Eine weitere Möglichkeit ist die unmittelbare Druckerfassung über einen Drucksensor 5, welches Signal ebenfalls zur Bewegungsführung in der elektronischen Steuerung 12 verwendet werden kann.

Die Fig. 2 zeigt eine ganze Spritzgießmaschine und weist einen Maschinenständer 30 auf. Eine Formschließeinrichtung 31 ist über einen Motor 1, einer Rollenspindel 8 einem Rollengewindetrieb 4 sowie einem Doppelkniegelenk 34 angetrieben und bewegt eine Grundplatte 35 mit der Formhälfte 16 in die entsprechende Offen- bzw. Schließstellung. Der Motor 1 ist auf einer gegenüber der Grundplatte 35 positionierbaren Gelenkschild 36 abgestützt. Ein weiterer Antrieb 38 betätigt einen Auswerfer 39. Das Spritzrohrmaterial wird über einen Speisetrichter 40 zugeführt. Die Rotationsbewegung der Plastifizierschnecke 9 wird über einen Antriebsmotor 41 mit entsprechendem Übertrieb erzeugt. Eine weitere schematisch dargestellte Achse 42 ist für den Antrieb des ganzen Einspritzaggregates vorgesehen. Die Angußdüse ist mit dem Bezugszeichen 43 versehen.

Die Fig. 3 zeigt rein schematisch den Antrieb über die Rollenspindel 8. Dabei ist zwischen dem Antriebsmotor

1 sowie der Rollenspindel 8 eine Übertrieb/Kupplung 5, welche in vielen Fällen eine bloße feste Verbindung zwischen der Motorachse resp. dem Rotor 3 und der Rollenspindel 8 ist. Über die Rollenmutter 4 kann entsprechend, zum Beispiel die Form oder die Einspritzschnecke 35 linear verschoben werden.

Die Fig. 4 zeigt umgekehrt den Antrieb über die Rollenmutter 4, über welche die Rollenspindel 8 linear bewegt wird.

Die Fig. 5 zeigt einen Rollengewindetrieb 4 mit einer Rollenspindel 8, die über ein Dreiecksgewinde mit einem Flankenwinkel von 90° verfügt. Die Teilung kann den Bereich von z. B. 0,4 bis 7 mm mit 4,5 oder 6 Gewindegängen umfassen. Die Rollenmutter 51 besitzt ein Innengewinde mit demselben Gewindetyp und derselben Anzahl von Gewindegängen wie die Rollenspindel. Die Planetenrollen 52 zwischen Mutterkörper und Rollenspindel sind mit einem eingängigen Gewinde und einem Flankenwinkel von 90° ausgestattet. Die Gewindeflanken sind ballig ausgeführt, so daß sich daraus ein großer Kontaktradius für große Tragfähigkeit und hohe Steifigkeit ergibt. Der Steigungswinkel stimmt mit dem Gewinde der Rollen-Mutter überein: folglich bewegen sich die Planetenrollen nicht in axialer Richtung, wenn sie in der Rollenmutter rollen. Es ist keine Rückführung erforderlich. Die Zapfen 53 der Planetenrollen sind an beiden Mutterenden in Käfigringen 54 gelagert und halten Abstand. Um eine korrekte Rollbewegung der Rollen sicherzustellen, sind diese an beiden Enden 55 mit Zähnen ausgestattet, die in zwei innenverzahnte Ringe 56 eingreifen (eine Gleitbewegung würde zu einer axialen Bewegung relativ zur Mutter führen). Diese werden an beiden Mutterenden durch Stifte 57 gesichert. Im Zentrum der zylindrischen Mutter ist eine Schmierungsbohrung 58 vorgesehen. Der Rollengewindetrieb 4 ist bei jedem Durchmesser in verschiedenen Steigungen und damit an die verschiedenen Ansprüche (Achsen) anpaßbar. Mit der, in Grenzen, freien Wahl der Steigung ist auch der Wirkungsgrad optimierbar. Typische Anforderungen an die einzelnen Achsen einer Spritzgießmaschine mit z. B. 1000 kN Schließkraft mittels Doppelkniegelenk sind wie folgt: (Alle Angaben sind nur Beispiele und können je nach Größe der Maschine stark variieren)

Einspritzen:

Einspritzkraft erzeugen : 320 kN

Hub der Einspritzschnecke : 160 mm.

Die maximale Einspritzgeschwindigkeit in diesem Bereich etwa 200 mm/s betragen, was verglichen mit hydraulisch betriebenen Universal-Spritzgießmaschinen sehr gut ist, und die Herstellung auch von dünnwandigen technischen Spritzteilen erlaubt. Dank der Minimierung des Lastschwungmoments (das Schwungmoment, das der Motor vor sich spürt) ist es gelungen, beste Werte einer hydraulisch betriebenen Spritzgießmaschine zumindest zu egalisieren.

Formschluß:

Kraft am Gelenkkopf: 35 kN

Gelenkkopfgeschwindigkeit: 1000 mm/s

Hub des Gelenkkopfes : 435 mm

Bei vollelektrischen Spritzgießmaschinen kommt für den Formschluß eigentlich nur ein Grundkonzept in Frage, nämlich der Kniehebel. Der Grund dafür liegt in der Umsetzung der elektrischen Leistung in Schließkraft. Je nach Auslegung der Kniegelenkgeometrie sind Kraftübersetzungen bis zum Faktor 50 möglich. Mit diesem Konzept ist eine parallele Führung auch von schweren Werkzeugen problemlos. Der Motor mit einem Nennmoment von z. B. 51 Nm. wird in der Beschleunigungs- und der Verriegelungsphase auf 127 Nm überlastet. Wichtig zu erwähnen ist, daß das Schwungmoment der Last am Motor nur dem 0,5-fachen des Motorschwungmomentes entspricht.

Einspritzaggregat:

Anpreßkraft : 67 kN

Aggregatsgeschwindigkeit: 100 mm/s

Hub: 240 mm

Auswerfer:

Kraft : 30 kN

Geschwindigkeit: 1000 mm/s

Auswerferhub: 120 mm

Aus der Erkenntnis heraus, daß bisher eine nennenswerte Auswerferkraft praktisch nur bei den ersten mm Fahrweg gebraucht wird und nach dem Losreißen des Spritzteils auf einen Bruchteil der Losreißkraft abfällt, kann durch entsprechende Steuervorgaben zusätzlich dem Spritzteil eine Wurfkurve aufgeprägt werden. Die neue Lösung erlaubt anstelle der bisher üblichen Geschwindigkeiten von 200 bis 300 mm/sec. nun bis auf über 1 m/sec zu steigern, um die gewünschte Wurfkraft bzw. die notwendige Beschleunigung zu erhalten.

Die Fig. 6 zeigt die Formschließ-Seite einer Spritzgießmaschine. Die Darstellung zeigt zwei verschiedene Positionen. In der oberen Bildhälfte ist die Form geschlossen und der Kniehebel 34 gestreckt, in der unteren Bildhälfte ist die Form offen und der Kniehebel 34 in zurückgezogener Stellung. Die Rollenspindel 8 ist zweiseitig gelagert, einerseits beim Motor 1, andererseits an einer fest mit dem Gelenkschild 36 verbundenen Stützplatte 36a.

Wie aus der Fig. 6c erkennbar ist, werden bei dieser besonders vorteilhaften Ausgestaltung zwei Motoren 1 links und rechts verwendet. Andererseits wird dadurch der mittlere Raum für den Auswerfer entlastet, das heißt

Auswerfer und Kniegelenkantrieb stören sich gegenseitig nicht mehr. Andererseits werden die Kräfte für den Antrieb der Kniegelenke unmittelbar auf beiden Seiten eingeleitet. Der Kraftfluß ist damit für den Gelenkantrieb je in einer Ebene statisch vorteilhafter verteilt und besser definiert. Es ist ferner möglich auch nur einen einzigen Motor 1 zu verwenden und ein Übertrieb zwischen den zwei Rollengewindetrieben 4 vorzusehen.

Die Fig. 7a bis 7c entsprechen den Fig. 6a bis 6c jedoch werden bei den Fig. 7a bis 7c nur ein Motor 1 in der Mitte eingesetzt, der auch nur einen Rollengewindetrieb 4 antreibt, das mittig angeordnet ist.

Zur Einstellung der Anpreßkraft kann die Grundplatte 35 sowie das Gelenkschild 36 zusammen mit dem Kniegelenk 34 als Einheit auf an sich bekannte Art verschoben werden, was über einen Stellmotor 60 sowie einen Zahnkranz 61 gegebenenfalls mit Übertriebsritzel 62 erfolgt. Es werden dazu auf die CH-PS Nr. 491 739 Bezug genommen.

Patentansprüche

1. Antrieb für die linear bewegbaren Achsen einer Spritzgießmaschine, insbesondere Formschließvorrichtung und/oder Einspritzeinheit und/oder Auswerfer und/oder Aggregatverschiebeeinheit bestehend aus einer verschiebbaren Einheit, einer festen Einheit, einem Antriebsmotor sowie einem Übertrieb, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Transformation der Rotationsbewegung in die lineare Bewegung mittels einem Rollengewindetrieb erfolgt, mit relativ zueinander bewegbarer Rollenspindel und Rollenmutter.

2. Antrieb nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch entsprechende Wahl der Steigung des Rollengewindetriebes die Transformation der Rotationsbewegung von dem Antriebsmotor in die linear bewegbaren Achsen, insbesondere bei Formschließvorrichtung 1 : 1 erfolgt, höchstens aber über ein einstufiges Getriebe erfolgt.

3. Antrieb nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor die Rollenspindel antreibt, wobei über die Rollenmutter vorzugsweise die Einspritzachse und/oder der Gelenkkopf und/oder das Einspritzaggregat und/oder den Auswerfer bewegt wird.

4. Antrieb nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor die Rollenmutter antreibt, wobei über die Rollenspindel die Einspritzachse und/oder das Einspritzaggregat und/oder den Auswerfer bewegt wird.

5. Antrieb nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor in der Drehzahl regelbar ist, wobei der Antriebsmotor zum Beispiel bis 3000 Umdrehungen pro Minute ausgelegt ist.

6. Antrieb nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Rollengewindetrieb als mehrgängiges Gewinde vorzugsweise als 4 bis 6-gängiges Gewinde ausgebildet ist.

7. Antrieb nach einem der Patentansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steigung des Rollengewindetriebes so groß gewählt ist, daß der Antriebsmotor insbesondere für die Einspritzeinheit sowie Auswerfer, Aggregatverschiebeeinheit fest mit dem Rollentrieb kuppelbar oder höchstens ein einstufiges Getriebe aufweist.

8. Antrieb nach einem der Patentansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere für die Bewegung der Formschließvorrichtung zwei parallel arbeitende Antriebsmotoren vorgesehen sind.

9. Antrieb nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Rollenspindel auf beiden Endseiten gelagert ist.

10. Antrieb nach Patentanspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß je ein Antrieb in einer vertikalen Mitten-ebene angeordnet sind, welche durch die je zwei übereinanderliegenden Holmen geht.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 2

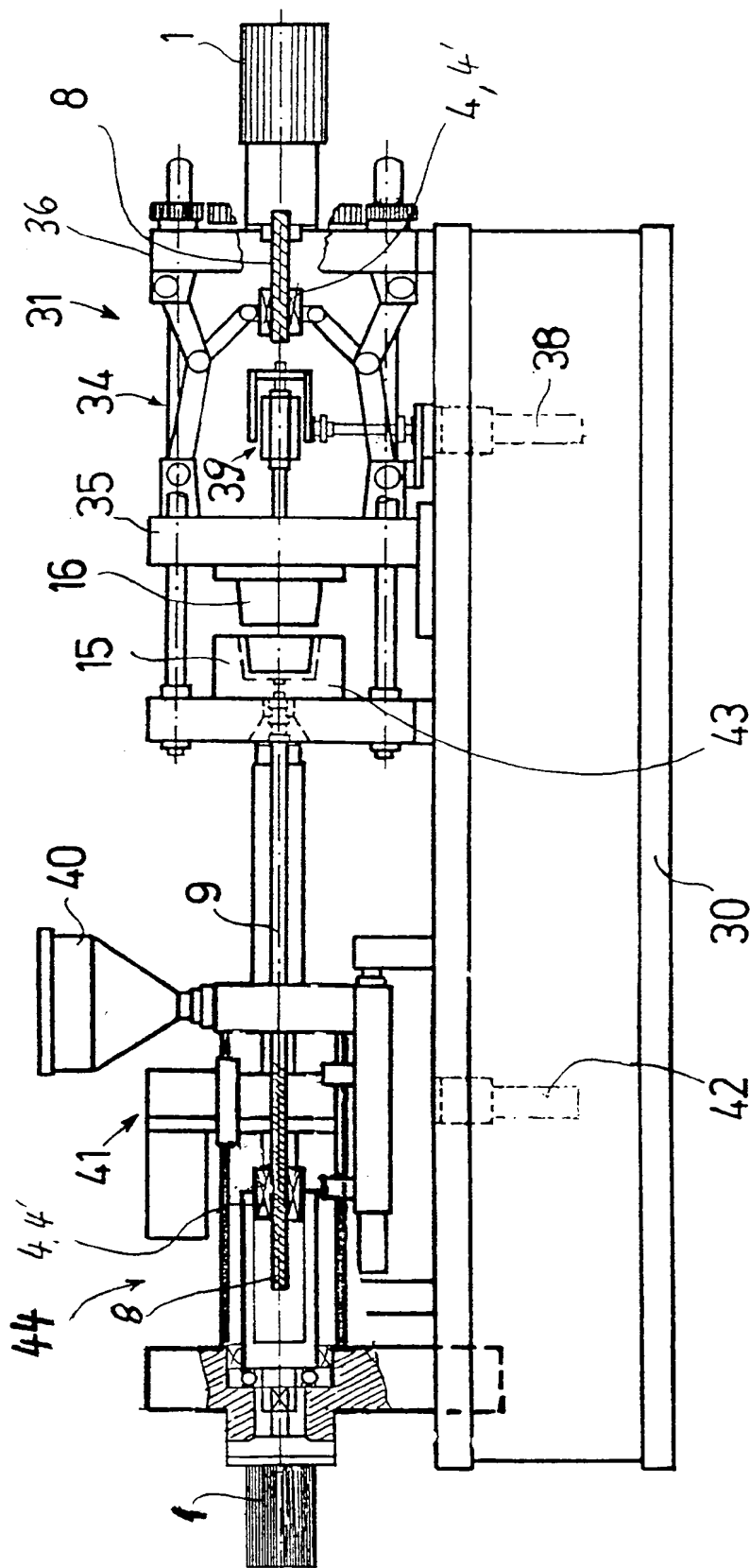


FIG 3

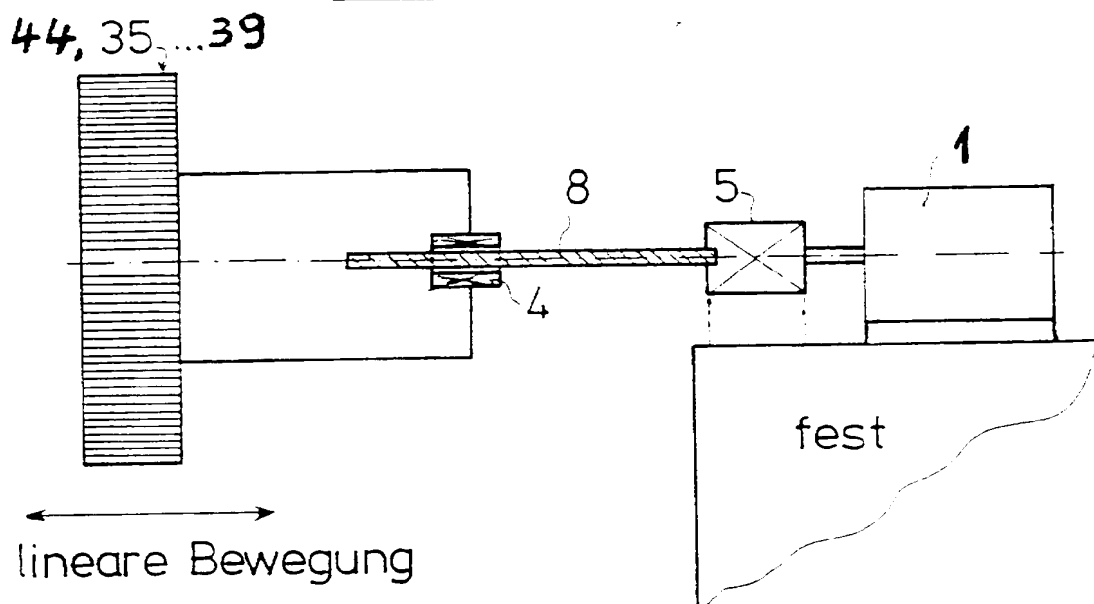
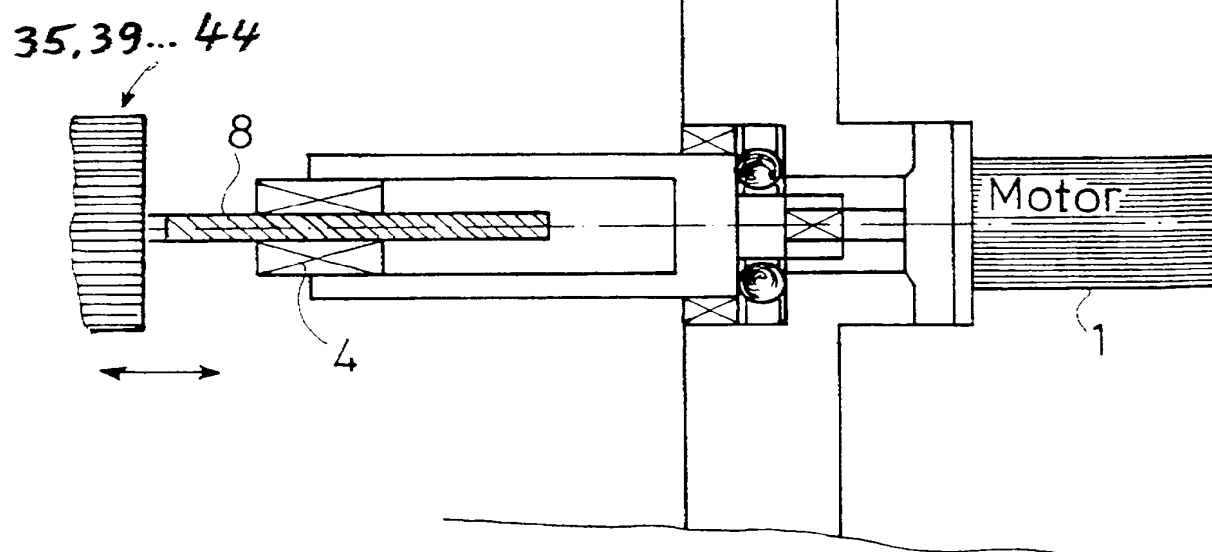


FIG 4



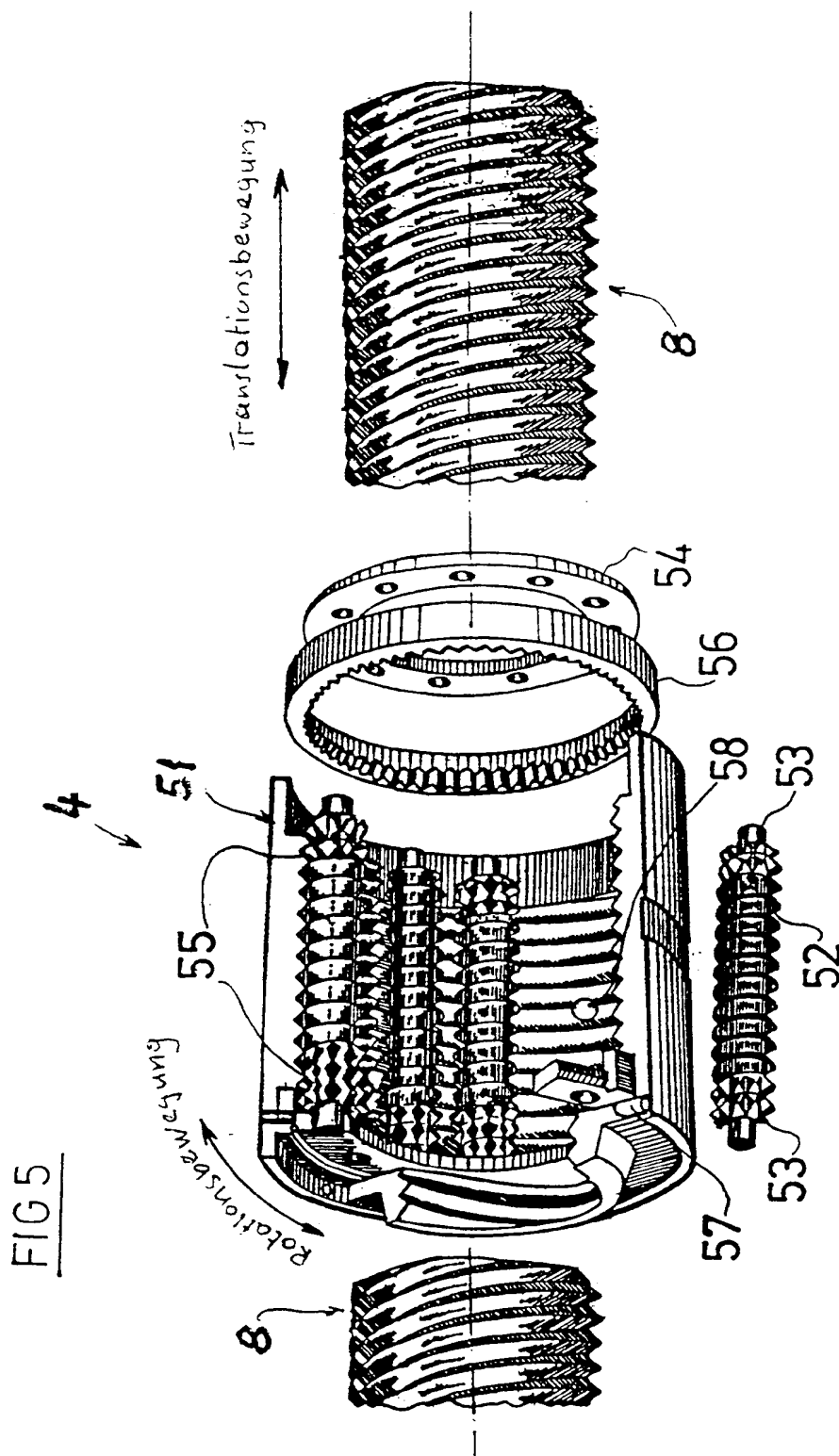
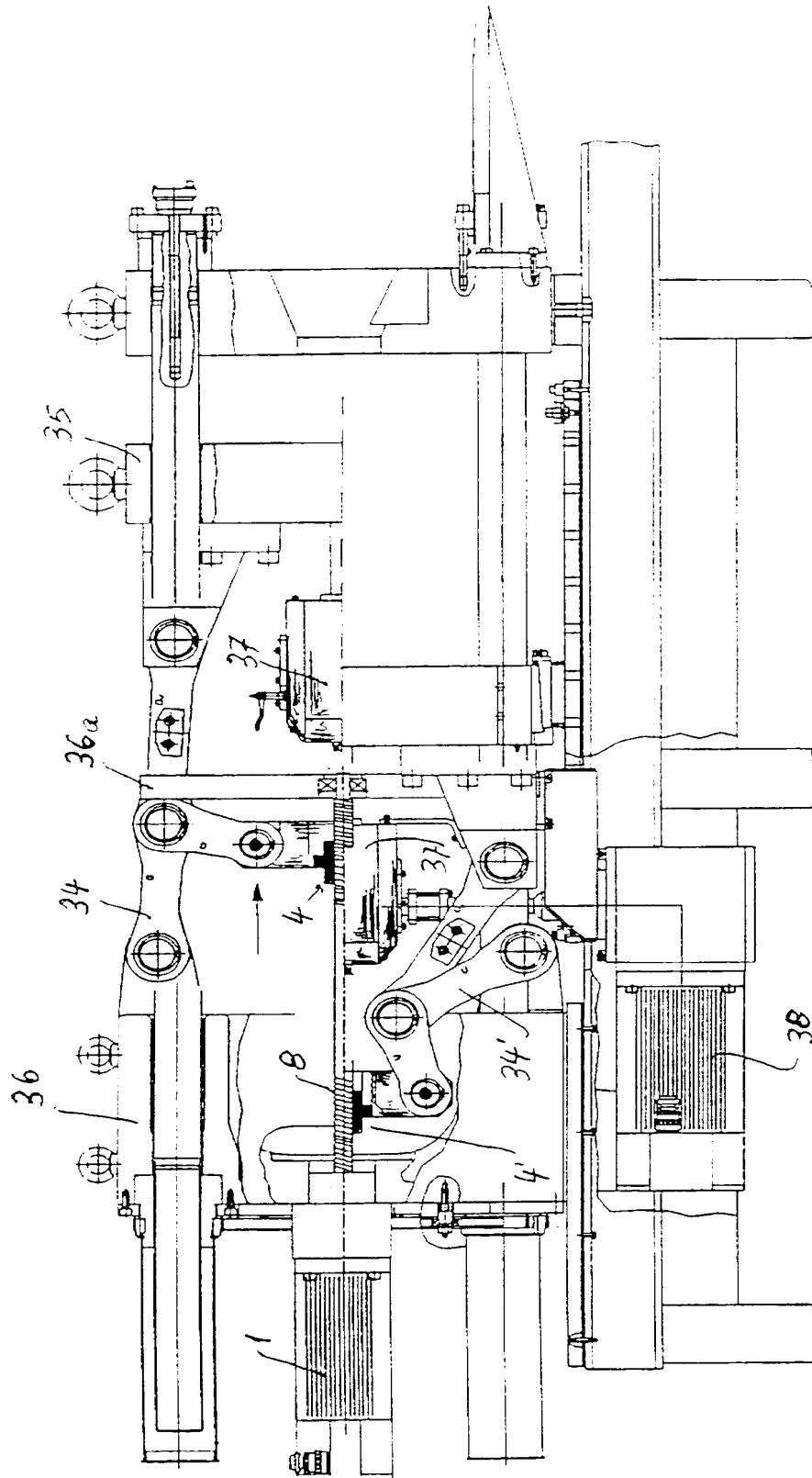


FIG 6



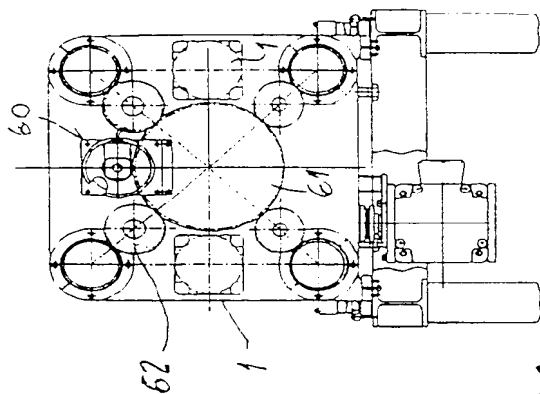


Fig. 6c

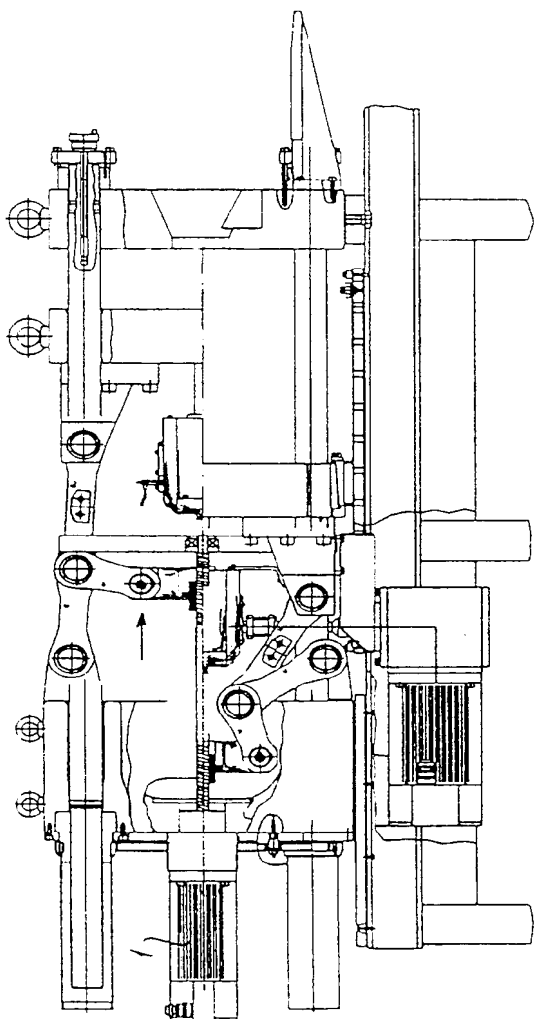


Fig. 6a

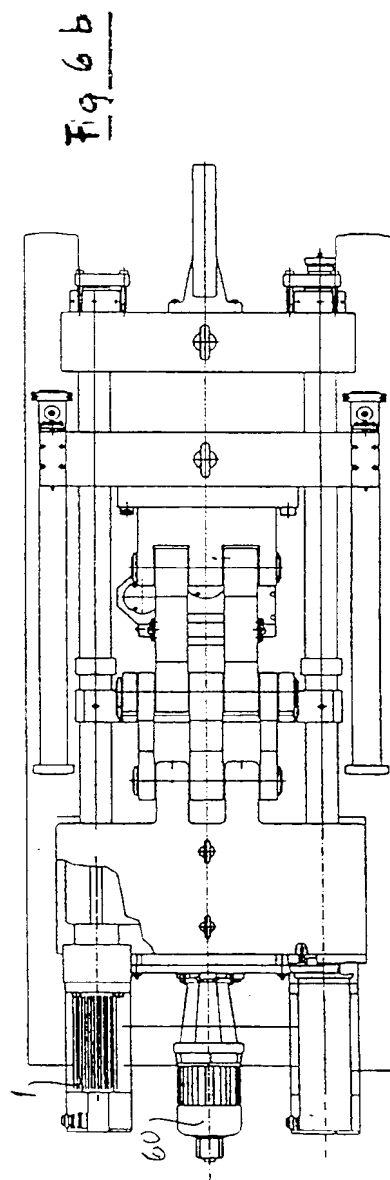


Fig. 6b

